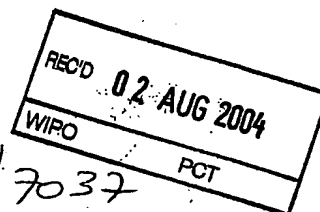


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/EP2004/007037

24 JUL 2004

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP09/7037

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 29 525.9
Anmeldetag: 30. Juni 2003
Anmelder/Inhaber: B F I VDEh-Institut für angewandte Forschung
GmbH, 40237 Düsseldorf/DE
Bezeichnung: Verfahren zum Richten von warmen Profilen
IPC: B 21 D, B 21 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stanschus

30. Juni 2003
45 224 K

B.F.I. VDEh-Institut für angewandte Forschung GmbH

=====

Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf

=====

Zusammenfassung:

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Richten von Profilen. Beim Abkühlen der warmgewalzten Profile treten starke Verformungen derselben auf. Aus diesem Grunde werden die Profile nicht im warmen Zustand gerichtet, sondern erst abgekühlt. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es erstmals warme Profile zu richten, die auch beim Abkühlen ihre einmal gerichtete Profilform beibehalten. Dazu wird die Richtkraft beim Richtvorgang unmittelbar in den Flansch eingeleitet. Dies hat zur Folge, dass der ursprüngliche Spannungszustand im Steg und in den Stegwurzeln beibehalten bleibt und nachteilige Eigenspannungen verhindert werden.

"Verfahren zum Richten von warmen Profilen"

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Richten von Profilen, die einen Steg und mindestens einen Flansch aufweisen, insbesondere von Doppel-T- oder U-Trägern, mit Hilfe von Richtwerkzeugen.

Profilstahl erfährt nach dem Warmwalzen beim Abkühlvorgang häufig Verformungen bzw. Verwerfungen. Um hierdurch hervorgerufene Abweichungen von der gewünschten Profilform zu beseitigen und dem Träger die gewünschte Geradheit zu verleihen, werden die Profile nach dem Warmwalzen und Abkühlen gerichtet. Da die Verformungen bei der Abkühlung auftreten, ist es bislang nicht zufriedenstellend möglich, die Profile noch im warmen Zustand zu richten. Zwar können während des Richtvorganges der warmen Profile normgerechte Ergebnisse erzielt werden, nach dem endgültigen Abkühlen federn die Profile jedoch teilweise zurück in eine gekrümmte, nicht normgerechte Form.

Im Stand der Technik wird daher gefordert, daß das Profil auf niedrige Temperaturen abgekühlt wird (siehe beispielsweise DE 24 56 782 und US 5,060,498). Die Profile werden hierzu in Kühlbetten oder Kühlgruben abgekühlt. Dies führt in nachteiliger Weise zu zeitlichen Verzögerungen, die teilweise zu einem zeitweiligen Produktionsstillstand führen.

Sofern im Stand der Technik Profile bei höheren Temperaturen gerichtet werden, wird das Profil differenziell abgekühlt oder erwärmt, um im Steg Druckspannungen zu erzeugen (siehe DE 35 01 522 C1; DE 36 38 816 C1). Nach dem Richten gleicht sich die Temperatur des Steges an die der Flansche an, wobei die Längszugspannungen abgebaut werden sollen. Diese Verfahren sind jedoch durch die dort vorgesehene Erzeugung von genau einzustellenden Temperaturgradienten in den Profilen zeit- und energieaufwendig. Des weiteren können Verformungen des Profils durch Schrumpfung des Steges beim endgültigen Abkühlen auftreten, die wiederum dazu führen,

daß die auf Raumtemperatur abgekühlten Schienen nicht den Normanforderungen entsprechen. Daher sind auch diese Verfahren nicht zufriedenstellend.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches es ermöglicht, Profile im warmen Zustand zu richten.

Gelöst wird diese Aufgabe durch den Gegenstand der Hauptansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

Das erfindungsgemäße Richtverfahren baut auf dem Grundgedanken auf, die Profile bei Profiltemperaturen von $>70^{\circ}\text{C}$ zu richten und zwar derart, daß die Richtkraft unmittelbar in den Flansch des Profils eingeleitet wird. Dadurch werden Eigenspannungen im Profil vermieden, die andernfalls beim Abkühlen Verformungen des Profils erzeugen.

Dabei wird die Richtkraft bevorzugt in die Schmalseite des Flansches eingeleitet, also bei einem Profil mit vertikal ausgerichteten Flansch von oben oder unten. Erfindungsgemäß muß eine Richtkraft jedoch nicht nur in einer Richtung und an einer Stelle eingeleitet werden. Im Rahmen der Erfindung können Richtkräfte, beispielsweise über kammartige Walzen, sowohl in die seitliche "Hauptfläche" des Flansches als auch die Schmalseite des Flansches eingeleitet werden, genauso wie sie nur in die seitliche "Hauptfläche" eingeleitet werden können.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die im Stand der Technik beobachtete Formveränderung von warmgerichteten Profilen nach dem Abkühlen in dem differentiellen Wärmemengen-Inhalt des noch warmen Profils liegt. Im Übergangsbereich von Steg zu Flansch (Stegwurzel) befindet sich eine hohe Massenkonzentration mit geringer Oberfläche, die im Vergleich zu

den angrenzenden Massen langsamer abkühlt. Folglich weist sie eine höhere Temperatur als der Rest des Profils auf. Umformende Einwirkungen in den weiteren Abkühlvorgang verändern die Temperatur und können temperaturabhängige Spannungsverteilungen erzeugen. Beim konventionellen Richten, bei welchem die Richtscheiben den Steg im Bereich der Stegwurzeln erfassen, zwingen die Richtscheiben dem Steg die durch die Richtscheibenanstellung vorgegebenen Wechselbiegungen auf, dessen Hin- und Herbewegungen auf den Flansch übertragen werden und schließlich mit den reduzierten Anstellungsvorgaben in Durchlaufrichtung das erwünschte gerade Profil erzeugen.

Beim Warmrichten bedingt die höhere Temperatur des Stegwurzelbereichs eine spezifische Fließspannung des Werkstoffs, die durch eine angepaßte Anstellung für den Warmrichtvorgang (mit der konventionellen Richttechnik) berücksichtigt wird. Das konventionelle Richten erzeugt in den Profilen Eigenspannungsverteilungen, die sich von denen des Ausgangszustandes unterscheiden. Besonders im Stegwurzelbereich treten Eigenspannungsspitzen auf mit Werten, die im Bereich der Fließspannung und darüber liegen können.

Sofern mit den konventionellen Richtverfahren Profile im warmen Zustand gerichtet werden, werden immer im gewissen Maße Eigenspannungen erzeugt. Die nachfolgende Abkühlung ändert die Spannungsverteilung und die Spannungswerte, was die im Stand der Technik bekannten und beobachteten Verwerfungen des gerichteten Profils zur Folge hat.

Um gerade Profile bei höheren Temperaturen zu erzeugen und dieses gerade Profil auch noch nach dem Abkühlen zu erhalten, werden gemäß der Lehre der Erfindung beim Richten in dem Übergangsbereich zwischen Steg und Flansch und im Steg selber durch die Einleitung der Richtkraft in den Flansch keine Eigenspannungen erzeugt, die die nachteilige Beeinflussung der Produkteigenschaften und der Geradheit der Profile zur Folge haben.

Durch die Krafteinleitung in den Flansch wird vielmehr der unproblematische Spannungszustand im Steg und in den Stegwurzeln beibehalten, und der Eigenspannungszustand im Flansch wird nur unwesentlich verändert. Deshalb ist eine nachteilige, abkühlungsbedingte Änderung des Spannungszustandes im erkalteten Profil nicht zu erwarten.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es in vorteilhafter Weise möglich, die Profile noch im warmen Zustand im Anschluß an das Warmwalzverfahren weiter zu bearbeiten. Dies führt zu einer erheblichen Zeitersparnis und vermeidet Produktionsstillstände. Des weiteren ist die Bearbeitung des noch warmen Stahls mit weniger Kraftaufwand möglich, so dass auch auf diese Weise Energie eingespart werden kann.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Profile mit einem Steg und mindestens einem Flansch gerichtet. Derartige Profile sind insbesondere T-Träger, Doppel-T-Träger, U-Profile und L-förmige Profilschenkel, wobei der Flansch bei allen Profiltypen vorzugsweise im Winkel von 90° zum Steg steht, obwohl auch andere Ausrichtungen ohne weiteres möglich sind.

Die Profile werden bei Profilttemperaturen von über 70°C gerichtet, besonders bevorzugt bei Temperaturen von über 100°C. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht jedoch auch das Richten bei höheren Temperaturen, so beispielsweise auch bei ca. 200°C und mehr. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten zur Ermittlung und Festlegung der Profiltemperatur. Dieser Begriff ist daher weit zu verstehen. Der Begriff Profiltemperatur kann beispielsweise die Stegwurzel-Oberflächentemperatur sowie die Temperatur in der Stegwurzel beinhalten. Ferner kann er auch die Oberflächentemperatur des Steges sowie der Trägerkanten bzw. die Temperatur in diesen Profilelementen umfassen. Ferner kann die Profiltemperatur auch durch Einbeziehung der Temperatur mehrerer dieser Profilelemente festgelegt werden. So kann die Profiltemperatur beispielsweise durch Messung des Temperaturverlaufs im gesamten Profil oder durch Messung der Temperatur in einigen

der Profilelemente festgelegt werden. Ein häufig eingesetztes Verfahren zur Festlegung der Profiltemperatur ist beispielsweise das Temperatur-Scanning. Dabei wird mittels eines beweglich angeordneten Temperaturmessgerät über die Trägerkante, die Stegwurzel, den Steg und wieder die andere Stegwurzel und andere Trägerkante die Temperatur erfaßt. Aus dem gemessenen Temperaturverlauf wird die Profiltemperatur bestimmt, wobei die Temperaturen in den Stegwurzeln stärker gewichtet werden können. Als Profiltemperatur kann deshalb erfindungsgemäß auch das Ergebnis eines solchen Temperatur-Scannings verstanden werden.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Richtkräfte über eine Mantelfläche des Richtwerkzeugs in den Flansch eingeleitet, die winkelig in bezug auf die Obeffläche des Flansches steht, auf die dieses Richtwerkzeug einwirkt. Eine solche Vorrichtung ist beispielsweise in der DE 195 25 513 A1 beschrieben, deren vollständige Offenbarungsgehalt für die Beschreibung einer Vorrichtung, auf der das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise durchgeführt werden kann, und für die Beschreibung der Art, in der Richtkräfte in den Flansch eingeleitet werden können, in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Beispielsweise sind die Richtwerkzeuge, insbesondere Richtscheiben, zumindest teilweise kegelstumpfförmig ausgebildet und übertragen die Richtkraft mit ihrer konischen Mantelfläche auf den Flansch. Die Richtwerkzeuge können oberhalb und/oder unterhalb des Richtgutes angeordnet sein.

Der Neigungswinkel der wirksamen Mantelfläche liegt vorzugsweise in der Größenordnung des Reibungswinkels zwischen Mantelfläche und Oberfläche; auf die das Richtwerkzeug einwirkt; er ergibt sich dann aus der folgenden Gleichung:

$$\mu_{\text{R-Scheibe/Profil}} = \tan p$$

und gewährt eine Minimierung der Flanschkantenaufstauchung. Bei richtig bemessenem Reibungswinkel der Mantelflügel werden im Flansch Querspannungen erzeugt, die den in der Kontaktfläche wirkenden Reibschubspannung entgegen wirken und so ein Flanschkantenaufstauchen verhindern. Der Neigungswinkel beträgt vorzugsweise 5° .

Vorzugsweise liegt der Schnittpunkt der Mantellinien der antriebsfernen Richtscheibe antriebsfern und der Schnittpunkt der antriebsnahen Richtscheibe antriebsnah.

Um je nach Richtkraft Ausbiegungen des Flansches in der Horizontalen, bezogen auf die Richtposition, zu vermeiden, weisen die Richtscheiben vorzugsweise flanschstützende Flächen auf, die sich auf der Stegseite und/oder der stegabgewandten Seite des Flansches befinden. Demnach besitzen die als Richtscheiben ausgebildeten Richtwerkzeuge vorzugsweise einen U-förmigen oder T-förmigen axialen Querschnitt. Die flanschstützenden Flächen greifen jeweils abwechselnd außen und innen am Flansch an.

Um mit einem Richtrollenpaar gleichzeitig Flansch oder Schenkelprofile unterschiedlicher Abmessung ohne Richtscheibenwechsel richten zu können, eignen sich Richtscheiben mit einem kammerartigen axialen Querschnitt.

Eine derartige Richtscheibe besteht dann, vorzugsweise einstückig, aus einzelnen Scheiben zwischen denen sich die erfindungsgemäß gegenüber der Horizontalen geneigten wirksamen Mantelflächen befinden und deren seitlichen Flächen den Flansch oder Steg in der Richtposition ein- oder beidseitig abstützen.

Nicht alle Richtwerkzeuge müssen mit der wirksamen Mantelfläche versehen sein. So können nur einlaufseitig Richtwerkzeuge mit winkelig in bezug auf die Richtachse verlaufender wirksamer Mantelfläche angeordnet sein. Im Extremfall genügt jeweils ein entsprechend ausgestaltetes Richtwerkzeug

bzw. Werkzeugpaar oberhalb und unterhalb des Richtgutes in gegenseitiger Nachbarschaft. Unterhalb des Richtgutes können auch nur im Auslaufbereich derartig ausgestaltete Richtwerkzeuge angeordnet sein.

Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzten Mantel- bzw. Schrägflächen erlauben ein Höchstmaß an Richtgenauigkeit beim Richten der warmen Profile. Sie vermeiden insbesondere das Entstehen von Flanschauftauchungen und nach außen gerichteter Ausbauchungen im Bereich der Flanschkanten und bewahren den vom Warmwalzen der Profile herrührenden günstigen Eigenspannungszustand des ungerichteten Profils.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 die schematische Darstellung einer mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt eingesetzten Richtvorrichtung mit einem oberen Richtscheibenpaar teilweise in einem axialen Längsschnitt,

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung eines Teils der beiden Richtscheiben,

Fig. 3 eine Richtvorrichtung mit außenseitiger Flanschführung,

Fig. 4 die vergrößerte Darstellung eines Teils der beiden Richtscheiben,

Fig. 5 einen axialen Längsschnitt durch eine Richtrolle zum flanschgestützten Richten bei unterschiedlichen Trägerabmessungen,

Fig. 6 einen Teil der Richtrolle nach Fig. 5,

Fig. 7 eine Richtbuchse mit zylindrischem Mittelteil in einem axialen Längsschnitt,

Fig. 8 einen Teil der Richtbuchse nach Fig. 7 in vergrößerter Darstellung und

Fig. 9 eine zylindrische Richtbuchse.

Die Richtvorrichtung besteht aus einem in seinen Einzelteilen nicht näher dargestellten Antrieb 1, mit dem eine Welle 2 verbunden ist, auf der zwei Richtscheiben 3,4 oberhalb eines Doppel-T-Trägers 5 angeordnet sind. Dieser weist einen Steg 5a sowie zwei Flansche 5b und 5c auf. Die Richtscheiben 3,4 besitzen - in axialer Richtung - einen T-förmigen Querschnitt und bestehen aus einem jeweils an der Innenseite der beiden Flansche angreifenden, den Steg des Flansches jedoch nicht berührenden kreisscheibenförmigen Teil 6, der in einen kegelstumpfförmigen Ansatz 7 übergeht. Die kegelstumpfförmigen Ansätze 7 sind mit ihren Kleindurchmesserflächen 8 jeweils nach außen gerichtet und stehen über ihre Mantelflächen in kraftschlüssiger Verbindung mit den Flanschkannten. Dabei verläuft die Mantelfläche bzw. -linie 9 unter einem Winkel p in bezug auf die Oberfläche der Schmalseite des Flansches oder auf die Horizontale bzw. die Distanzbuchsen 10. Die Distanzbuchsen 10 dienen zum Einstellen des Abstandes der Richtscheiben auf die Profilhöhe (Flanschabstand) des zu richtenden Trägers. Dementsprechend ergibt sich zwischen der Mantellinie 9 und der Schmalseitenfläche der Flansche der Einschlußwinkel p . Die Höhe Z der kegelstumpfförmigen Ansätze ist so bemessen, dass die Schmalseiten der Flansche über ihre ganze Höhe abgestützt sind.

Die Richtscheiben 11, 12 der Fig. 3 und 4 sind in prinzipiell gleicher Weise wie im Falle der Fig. 1, 2 angeordnet und aufgebaut; sie stützen die Flansche jedoch außenseitig ab und besitzen konische Ansatzflächen 7, deren Großdurchmesserflächen 13 nach innen weisen bzw. einander zugekehrt sind. Auf diese Weise ergibt sich zwischen den Mantelflächen bzw. -linien 9 und der Horizontalen bzw. den Schmalseiten der Trägerflansche jeweils der gleiche Einschlußwinkel wie bei den Richtscheiben 3,4 der Fig. 1, 2.

Die Richtrollen 15,16 nach den Fig. 5, 6 bestehen aus mehreren, vorzugsweise einstückig miteinander verbundenen flanschstützenden Einzelscheiben 17,18,19,20, zwischen denen sich jeweils ein kegelstumpfförmiger Übergang 21,22,23 befindet. Auf diese Weise ergeben sich zwischen den Scheiben 16 bis 20 Rillen 24,25,26 zur Aufnahme der Flansche von Trägern mit unterschiedlichen Abmessungen. Die Mantellinien der kegelstumpfförmigen Übergänge 21,22,23 ergeben mit den ihnen gegenüberliegenden Schmalseiten der Flansche wiederum den bereits erörterten erfindungsgemäßen Einschlußwinkel ρ .

Die für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Warmrichten geeignete Richtvorrichtung braucht nicht zur Gänze mit den winkligen Richtwerkzeugen (Richtscheiben oder -buchsen) ausgestattet zu sein; vielmehr reicht es aus, wenn diese im Bereich der größten Biegungsamplituden, also einlaufseitig, angeordnet sind, die ohne die erfindungsgemäßen Richtwerkzeug auch zu den größten Aufstauchungen bzw. Maßabweichungen führen würden. Andererseits können aber auch sämtliche oberen Richtwerkzeuge als Scheiben oder Mehrscheibenrollen ausgebildet sein, wenn beim Richten mit großer Teilung (Abstand zweier benachbarter Richtachsen) und dementsprechend kleinen Richtkräften unterhalb des Richtgutes zylindrische Richtbuchsen 28 angeordnet sein können, die von Flansch zu Flansch reichen.

In den Fig. 7 bis 9 sind weitere Varianten der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einsetzbaren Vorrichtungen dargestellt. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet.

Die dargestellten Vorrichtungen erlauben die unmittelbare Krafteinleitung in den Flansch eines Profils, wobei dadurch auch das Richten von warmen Profilen, die eine Temperatur oberhalb von 70° aufweisen, möglich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Richten eines Profils, das einen Steg und mindestens einen Flansch aufweist, mittels eines Richtwerkzeuges, **dadurch gekennzeichnet**,
daß das Profil im warmen Zustand bei einer Profiltemperatur $> 70^{\circ}\text{C}$ gerichtet wird, wobei die Richtkraft unmittelbar in den Flansch einge-
leitet wird.
2. Verfahren zum Herstellen eines normgerechten Profils, **dadurch gekennzeichnet**,
 - daß durch Warmwalzen die gewünschte Profilform erzeugt wird,
 - daß das Profil bei Profiltemperaturen von $> 70^{\circ}\text{C}$ durch ein Richtwerkzeug gerichtet wird,
 - wobei das Richtwerkzeug die Richtkraft unmittelbar in die Schmalseite des Flanschs einleitet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Profil bei Profiltemperaturen von über 100°C gerichtet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Richtkraft über eine Mantelfläche des Richtwerkzeugs ausgeübt wird, die winkelig in bezug auf die Oberfläche des Flansches verläuft, auf die das Richtwerkzeug einwirkt.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Richtkräfte in die Schmalseite des Flansches eingeleitet werden.

6. Verwendung einer Vorrichtung zum Richten eines Profils, das einen Steg und mindestens einen Flansch aufweist, mit einem Richtwerkzeug, das die Richtkraft unmittelbar in den Flansch des Profils einleitet, zum Richten von Profilen bei Profilttemperaturen von $>70^{\circ}\text{C}$.
7. Verwendung nach Anspruch 6, wobei das Richtwerkzeug oberhalb des Richtguts angeordnet ist.
8. Verwendung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die wirksame Mantelfläche des Richtwerkzeugs winkelig in bezug auf die Oberfläche des Flanschs verläuft, auf die das Richtwerkzeug einwirkt.
9. Verwendung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Neigungswinkel ρ der wirksamen Mantelfläche in der Größenordnung des Reibungswinkels zwischen Richtwerkzeug und Oberfläche des Flanschs liegt, auf die das Richtwerkzeug einwirkt.

Fig. 5

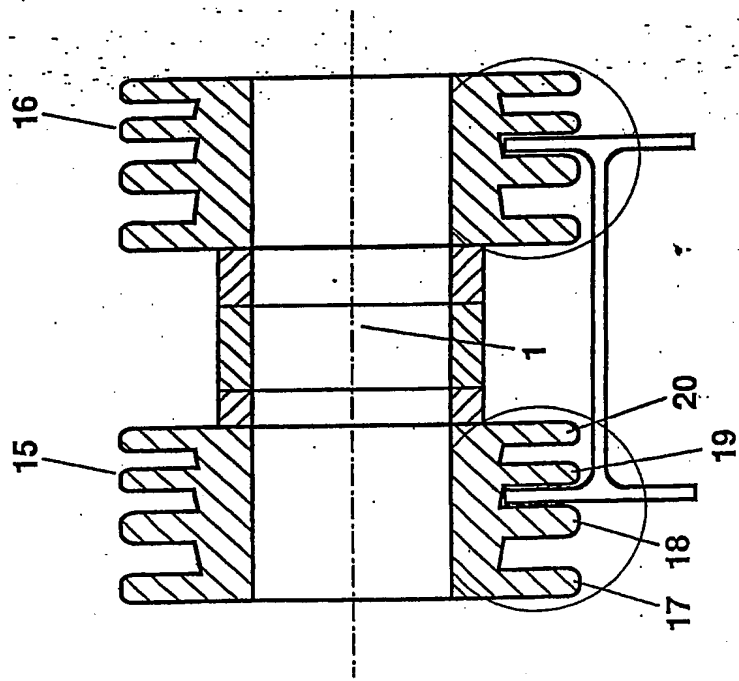


Fig. 6

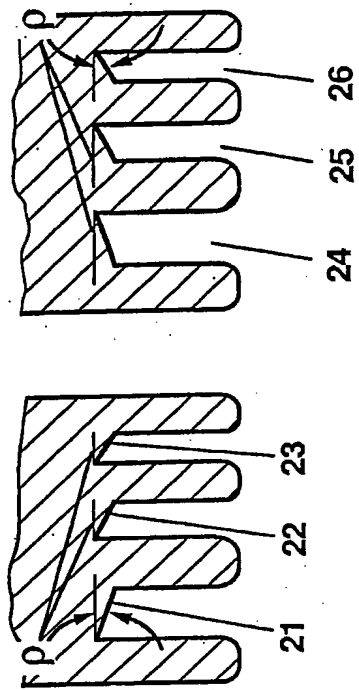


Fig. 7

Fig. 8

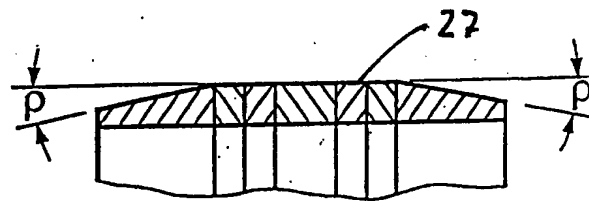
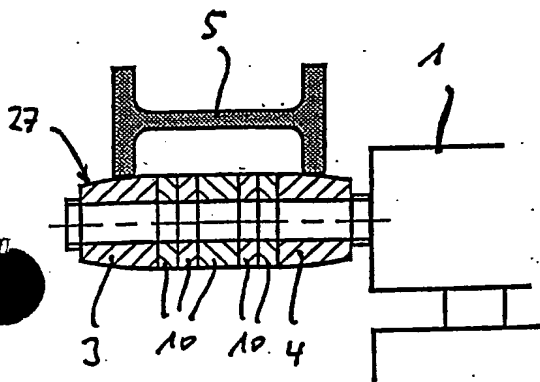


Fig. 9

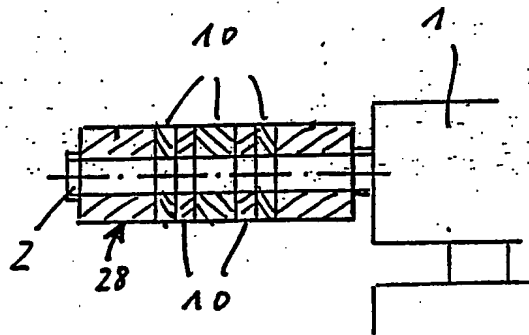


Fig. 1 -

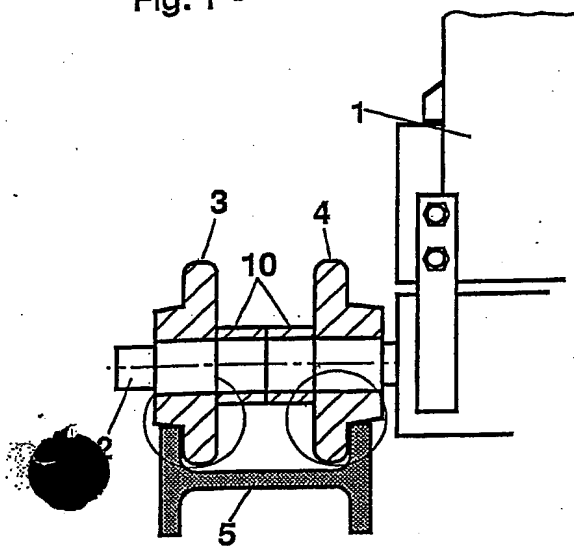


Fig. 2

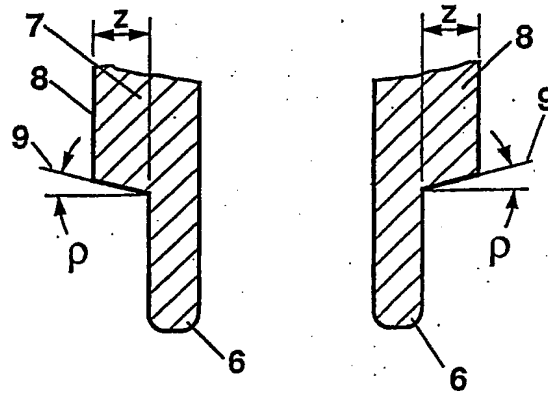


Fig. 3

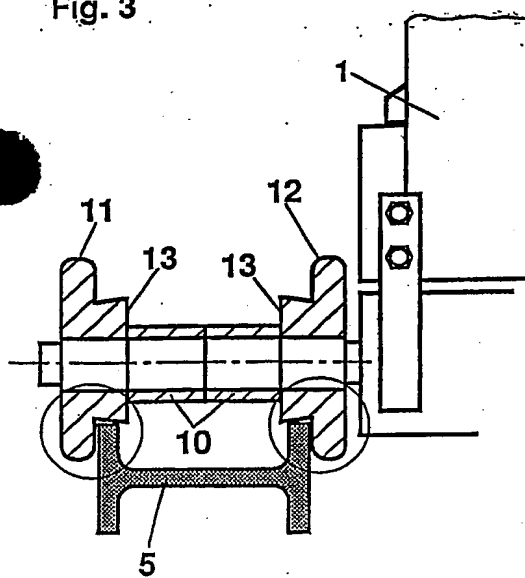


Fig. 4

